SUBSÍDIOS PARA A ELABORAÇÃO
DE UMA ESTRATÉGIA INDUSTRIAL BRASILEIRA
PARA ECOMONIA DE BAIXO CARBONO

Caderno 6

Nota Técnica Eficiência de Motores de Automóveis de Passeio

© 2012 – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI
Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, desde que seja citada a fonte.

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
GVces - Fundação Getúlio Vargas - Centro de Estudos em Sustentabilidade

Supervisão
Alexandre Comin – MDIC
Maria Luisa Campos Machado Leal - ABDI

Equipe Técnica da ABDI
Carla Naves – Gerente
Claudionel Campos Leite – Coordenador
Cássio Marx Rabello Da Costa - Especialista
Adriana Torres - Assistente Projetos
Willian Cecílio de Souza - Assistente Projetos

Coordenadora Geral
Carla Maria Naves Ferreira
Gerente de Projetos

Gerência de Comunicação ABDI
Oswaldo Buarim Junior

Supervisão da Publicação
Joana Wightman
Coordenadora de Comunicação

Equipe Técnica MDIC
Demétrio Florentino de Toledo Filho - Assistente Técnico

Equipe Técnica FGV
Mario Monzoni
Guarany Osório
Alexandre Gross
Beatriz Kiss
Gabriel Pinheiro Lima
Gustavo Velloso Breviglieri
Mariana Bartolomei
Pedro Canelas

Revisão de texto
GVces - Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
Setor Bancário Norte Quadra 1 – Bloco B – Ed. CNC
70041-902 – Brasília – DF
Tel.: (61) 3962-8700
www.abdi.com.br

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Esplanada dos Ministérios, Bloco "J"
70053-900 - Brasília, DF,
Tel.: (61) 2027-7000
www.desenvolvimento.gov.br

FGV - Fundação Getúlio Vargas – Centro de Estudos em Sustentabilidade - GVces
Av. 9 de Julho, 2029 - Bela Vista
01313-902 – São Paulo - SP
Tel.: (11) 3799-7777
www.fgv.br

República Federativa do Brasil
Dilma Rousseff
Presidenta

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Fernando Damata Pimentel
Ministro

Heloísa Guimarães Menezes
Secretária de Desenvolvimento da Produção do MDIC

Alexandre Comin
Diretor do Departamento de Competitividade Indústria da Secretaria de Desenvolvimento da Produção

Beatriz Martins Carneiro
Coordenadora-Geral de Análise da Competitividade e Desenvolvimento Sustentável

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
Mauro Borges Lemos
Presidente

Maria Luisa Campos Machado Leal
Otávio Silva Camargo
Diretores

Carla Maria Naves Ferreira
Gerente de Projetos

Claudionel Campos Leite
Coordenador do Complexo de Eletrônica

Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV/EAESP
Mario Monzoni
Coordenador Geral do GVces

Guarany Osório
Coordenador do Programa Política e Economia Ambiental - Centro de Estudos em Sustentabilidade - GVces

Siglas

Anfavea: Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

BAU: Business as Usual

BC: Baixo Carbono

BEN: Balanço Energético Nacional

CARS: Car allowance rebate system

CHO (RCHO): Aldeídos

CO: Monóxido de carbono

CO2: Dióxido de carbono

CO2eq: CO2 equivalente

Conpet: Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural

Conama: Conselho nacional do meio ambiente

DOT: United States Department of Transportation

ENCE: Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

EPA: United States Environmental Protection Agency

FE: Fator de Emissão

GEE: Gases de Efeito Estufa

HC: Hidrocarbonetos

Inmetro: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

MCT: Ministério da Ciência e Tecnologia

MDIC: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

MMA: Ministério do Meio Ambiente

MME: Ministério de Minas e Energia

MP: Material particulado

NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration

NMHC: Hidrocarbonetos não metano

NMVOC: Compostos orgânicos voláteis não metânicos

NOx: Óxidos de nitrogênio

PBE: Programa Brasileiro de Etiquetagem

PBEV: Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular

PIB: Produto Interno Bruto

PNMC: Política Nacional sobre Mudança do Clima

Promot: Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Similares

Proconve: Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores

PSTM: Plano Setorial de Transporte e da Mobilidade Urbana para a Mitigação das Mudanças Climáticas

US$: Dólar americano

APRESENTAÇÃO

É cada vez maior a responsabilidade de todos os países para redução de gases de efeito estufa (GEE). O Brasil assumiu essa responsabilidade ao aprovar a Lei 12.187/2009, que trata da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), comprometendo realizar um conjunto de ações governamentais e setoriais visando à mitigação e a adaptação aos efeitos da mudança do clima.

A partir da Conferência de Copenhague, Dinamarca, realizada em dezembro 2009, o Brasil estabeleceu cinco segmentos em que atuará para diminuir a emissão de GEE: redução do desmatamento da Amazônia e também do Cerrado; investimento em energia limpa, como os biocombustíveis; substituição da produção de carvão original de desmatamento por carvão de florestas plantadas, e a utilização do plantio indireto na agricultura. Com isso, espera-se que o país reduza entre 36,1% e 38,9% da sua emissão de gases de efeito estufa até 2020.

Com a PNMC deu-se início à elaboração de Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima, regulamentados pelo Decreto nº 7.390/2010. Em 2011 foi determinada a elaboração dos seguintes Planos Setoriais: Indústria; Mineração; Transporte e Mobilidade Urbana; e Saúde. Esses planos, bem como os elaborados anteriormente, subsidiarão a revisão do Plano Nacional de Mudança do Clima de 2012.

O Plano Setorial de Reduções de Emissão da Indústria (Plano Indústria) é de responsabilidade do Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior – MDIC e abrange a Indústria de Transformação, Bens de Consumo Duráveis, Química Fina, Base, Papel e Celulose e Construção Civil.

O objetivo do Plano Indústria é preparar a indústria nacional para o novo cenário que já se desenha, em que a produtividade-carbono, que equivale a intensidade de emissões de gases de

efeito estufa por unidade de produto, será tão importante quanto a produtividade do trabalho e dos demais fatores para definir a competitividade internacional da economia.

O Plano Indústria adotou como referência a meta de redução de emissões de processos industriais e uso de energia de 5% em relação ao cenário tendencial (Business As Usual) projetado para 2020.

Considerando que, tanto no que se refere às emissões diretas quanto aquelas oriundas do Subsetor Energético, poucos setores industriais concentram a maior parte de emissões de GEE. O Plano Indústria propõe que, numa primeira fase, os setores que são responsáveis pela maior parte das emissões sejam focalizados de forma particular.

Com isso, e considerando ainda o estabelecido na Lei 12.187/2009, foi proposto incluir inicialmente os seguintes setores:

- *Alumínio*
- *Cal*
- *Cimento*
- *Ferro-gusa e aço*
- *Papel e celulose*
- *Química*
- *Vidro*

Em conjunto, esses setores foram responsáveis, em 2005, por quase 90% das emissões diretas de GEE da Indústria de Transformação e por mais da metade das emissões derivadas da queima de combustíveis fósseis na indústria. Em 2009, o peso destes setores no Valor Bruto da Produção industrial foi de aproximadamente 19%, embora inclua apenas pouco mais de 5% das empresas industriais.

O Plano Indústria realizará estudos de linhas de base e cenários tendenciais de emissões, levantamento de tecnologias de baixo carbono e oportunidades de mitigação nas cadeias produtivas dos setores considerados e estabelecerá canal permanente de comunicação entre indústria e governo para identificar obstáculos à melhoria de gestão de carbono e encaminhar medidas para superá-los. A partir do estabelecimento dessas pré-condições será possível preparar a indústria para novos avanços na quantificação dos resultados de mitigação.

Inicialmente o foco das ações setoriais do Plano Indústria será a indústria de Alumínio, Cimento, Papel e celulose e Química, seguidos pela indústria de Ferro e Aço, Cal e Vidro, em 2013, e com a incorporação progressiva de todos os demais setores da Indústria de Transformação até 2020.

Para cumprimento das metas estabelecidas no Plano Indústria para o ano de 2012, o Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior – MDIC e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI celebraram convênio para a realização do Estudo Técnico que irá subsidiar a elaboração de uma estratégia industrial brasileira para economias de baixo carbono para a indústria de Alumínio, Cimento, Papel e celulose, Química e Automotivo.

Para a elaboração das Notas Técnicas, que constituem o Estudo, foi contratada a Fundação Getúlio Vargas. O Centro de Estudos em Sustentabilidade (FGVces) coordenou uma série de reuniões e workshops setoriais buscando levantar e estruturar as informações relevantes sobre os assuntos para a elaboração das seguintes Notas Técnicas .

- *Nota Técnica Mensuração, Relato e Verificação de Inventários Bottom-up de Gases de Efeito Estufa no Brasil.*
- *Nota Técnica Papel e Celulose.*
- *Nota Técnica Subsetor Cimento.*
- *Nota Técnica Química.*
- *Nota Técnica Alumínio.*
- *Nota Técnica Eficiência de Motores de Automóveis de Passeio.*

Assim, este caderno contempla a Nota Técnica Eficiência de Motores de Automóveis de Passeio.

Este trabalho constitui importante contribuição do MDIC e da ABDI para a estruturação e consolidação da estratégia nacional para economia de baixo carbono.

SUMÁRIO EXECUTIVO

Eficiência de Motores de Automóveis de Passeio

A frota de automóveis de passeio circulando pelas rodovias e ruas do Brasil atingiu as 26 milhões de unidades em 2011 e deve alcançar os 44 milhões de veículos até 2020.

Tamanha frota possui impactos diversos sobre a qualidade de vida da população, dentre eles a contribuição às mudanças climáticas devido às emissões de CO_2 provenientes dos escapamentos. Em 2011, tais emissões ficaram próximas das 67Mt e em 2020 o total pode superar as 112Mt em um cenário business as usual.

Políticas públicas para a redução da intensidade de emissões de veículos de passeio, que estabelecem metas claras e penalidades para não cumprimento, já estão em vigor em diferentes regiões e países do mundo, tais como União Europeia, Estados Unidos e Japão.

Desta forma, medidas para tornar os automóveis menos intensos em carbono, quando de sua utilização, como o estabelecimento de metas (em gramas de CO_2 por quilômetro percorrido) podem reduzir essas emissões em quase 20% no ano de 2020, supondo um cenário de ganhos anuais de eficiência a partir do ano de 2013, chegando a 95 g CO_2/km até 2020.

SUMÁRIO

1. Histórico de emissões **15**

2. Políticas nacionais **19**

3. Experiências Internacionais **23**

4. Cenários para 2020 **27**

5. Recomendações **37**

6. Bibliografia **39**

7. Anexos **41**

1. Importância da Mensuração, Relato e Verificação (MRV) de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) para a Governança Climática Global

2. Elementos necessários para implementação de um MRV bottom-up nacional

3. Recomendações para implementação de um MRV bottom-up nacional

Anexo I - Diretrizes para a elaboração de inventários corporativos

Anexo II - Exemplo de formulário

Referências

Introdução

A indústria automobilística brasileira possui considerável importância para a economia do país e apresen ta tendência recente de crescimento intenso. Somente no período compreendido entre 2002 e 2011, as vendas internas para o mercado automotivo cresceram cerca de 145%, enquanto que a produção aumentou em 109% no mesmo horizonte (Anfavea, 2012).

Resultados tão positivos são também refletidos no faturamento do setor, conforme observado na Tabela 77 e também são percebidos pela crescente importância do segmento dentro do setor industrial, com um salto de 12,3% de participação no PIB industrial em 2002 para 18% no ano de 2011.

Tabela 77. Faturamento e participação no Produto Interno Bruto industrial (US$ milhões)

Ano	Faturamento líquido			% do PIB industrial
	Veículos	Máquinas agrícolas	Total	
2002	47.782	6.529	54.311	12,3
2003	46.280	7.041	53.321	11,9
2004	57.258	9.914	67.172	14,0
2005	61.795	7.092	68.888	14,0
2006	66.170	6.705	72.874	14,5
2007	78.947	8.880	87.826	16,7
2008	83.935	10.134	94.068	17,2
2009	85.060	8.119	93.179	18,0
2010	94.754	10.701	105.455	18,5
2011	93.543	11.832	105.375	18,0

Fonte: Anfavea, 2012.

Tamanho crescimento fez com que a frota de veículos circulando nas cidades e rodovias brasileiras se aproximasse dos 26 milhões de automóveis de passeio, os quais afetam direta e indiretamente a qualidade de vida dos cidadãos, seja por redução da velocidade média de tráfego, aumento de acidentes, deterioração da qualidade do ar e, no que tange ao presente trabalho, contribuindo para as mudanças climáticas.

Desta forma, a atual nota técnica objetiva estimar os impactos da utilização dos automóveis de passeio por meio das emissões de dióxido de carbono oriundas de seus escapamentos, bem como descrever brevemente experiências já realizadas nesse sentido e construir cenários de acordo com ganhos de eficiência para os anos de 2017 e 2020 e, quando pertinente, em comparação com casos internacionais.

1. Histórico de emissões

O foco desta nota técnica reside nas emissões de dióxido de carbono (CO2) provenientes dos escapamentos dos automóveis de passeio, em especial na intensidade de emissão, representada pelos gramas de CO2 por quilômetro percorrido. Na presente seção busca-se apresentar iniciativas nacionais que observaram tal questão ou que de alguma forma tangenciam o assunto e, portanto, subsidiaram a construção dos cenários apresentados na seção 4.

1.1. Primeiro inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores

O documento construído sob a alçada do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e apresentado em Janeiro de 2011 apresenta as emissões dos poluentes regulados por Proconve e Promot[1] , bem como dos GEEs metano (CH4) e dióxido de carbono (CO2). Os números apresentados referem-se ao período entre 1980 e 2009, além de projeções realizadas até o ano de 2020.

As estimativas de frota circulante foram construídas a partir dos dados de vendas de automóveis, conforme compilado pela Anfavea e das curvas de sucateamento apresentadas no Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Relatório de Referência: Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor Energético por Fontes Móveis - (MCT, 2006).

Já as premissas para as projeções até 2020 consideram que a taxa de crescimento anual das vendas de automóveis de passeio será de 4,8% de 2010 a 2015 e 3,8% de 2016 a 2020, mantendo constantes os fatores de emissão observados em 2009. Já para o consumo de combustível foram ajustadas as projeções do Plano Nacional de Energia 2030 (MME, 2007).

1 Os poluentes regulamentados pelos programas são: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos não-metano (NMHC), aldeídos (RCHO) e material particulado (MP).

Embora para os poluentes apresentados os cálculos de emissões são feitos por uma abordagem bottom-up, ou seja, a partir de fatores de emissão (Equação 1), no que diz respeito ao CO2, os números foram construídos a partir dos dados de consumo de combustíveis do Balanço Energético Nacional (BEN) multiplicados por fatores de emissão específicos para cada combustível (Tabela 78), também oriundos do Primeiro Inventário Brasileiro.

Tabela 78. Fatores de emissão de CO2 considerados pelo 1º inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores

Gasolina A	Etanol Anidro	Etanol Hidratado	Diesel	GNV
(kg/L)	(kg/L)	(kg/L)	(kg/L)	(kg/m3)
2,269	1,233	1,178	2,671	1,999

Fonte: MMA, 2011.

Equação 1. Equação geral para o 1º inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores

$$E=FR \times IU \times FE$$

EM QUE:

E = taxa anual de emissão do poluente considerado (g/ano).

Fe = fator de emissão do poluente considerado, expresso em termos da massa de poluentes emitida por km percorrido (gramas do poluente/km). É específico para o ano modelo de veículo considerado e depende do tipo de combustível utilizado.

Fr = frota circulante de veículos do ano modelo considerado (número de veículos).

Iu = intensidade de uso do veículo do ano modelo considerado, expressa em termos de quilometragem anual percorrida (km/ano). Trata-se de uma variável que depende de um conjunto de fatores socioeconômicos que, neste Inventário, são representados pela idade do veículo.

Os resultados alcançados pelo inventário demonstram que o crescimento da frota de automóveis observado desde o início da década de 1980 fez com que as emissões de CO2 chegassem a 170 milhões de toneladas, das quais 38% provenientes de automóveis de passeio. Já as emissões projetadas pelo inventário para 2020 são da ordem de 270 milhões de toneladas, com os automóveis respondendo por cerca de 40% do total.

1.2. Segunda comunicação nacional: relatório de referência: emissões de gases de efeito estufa no transporte rodoviário

O Segundo Inventário Nacional em seu Relatório de Referência para as Emissões de Gases de Efeito Estufa no Transporte Rodoviário apresenta as emissões de CO_2, CH_4, e N_2O causadas pelo transporte rodoviário de 1990 a 2005[2] .

2 *O inventário também aborda os GEE indiretos CO, NOx, HC, NMVOC)*

As emissões líquidas de CO_2 foram calculadas a partir dos dados de consumo de combustível apresentados no BEN (2007), enquanto para os demais gases os cálculos, assim como no 1º inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores, foram realizados adotando metodologia bottom-up, com os fatores de emissão apresentados no Relatório Proconve de 2006. Similarmente, os procedimentos adotados para estimar a frota circulante seguem as mesmas premissas apresentadas no item acima.

As diferenças entre o segundo e o primeiro inventário (cujas emissões do transporte rodoviário foram apresentadas no relatório de referência de emissões de gases de efeito estufa por fontes móveis, no setor energético) são pequenas e refletem-se principalmente na adoção de diferentes equações para o cômputo do sucateamento de veículos. Para maiores detalhamentos acerca de tais diferenças recomenda-se a leitura da seção 4.2 do relatório de referência apresentado neste item.

Os resultados expostos pelo inventário, todavia, restringem-se à separação por tipos de combustíveis, não permitindo a visualização das emissões por categoria de veículo, e, consequentemente, não sendo possível observar a parcela proveniente dos automóveis de passeio.

1.3. Evolução da intensidade de emissões

Conforme observado nos itens acima, a mensuração da intensidade de emissões, apresentada em gramas de CO_2 por quilômetro percorrido, não é algo comum na literatura (e em programas do governo) e começou a ser medida apenas a partir de 2002, em relatórios do Proconve, programa este que será apresentado em maior detalhe nas próximas seções.

Assim, o horizonte para observação da evolução da intensidade de emissões ao longo do tempo reúne, momentaneamente, poucas observações apresentadas na Tabela 79.

Tabela 79. Fatores de emissão (g CO2/km) por ano de fabricação do veículo

			Flex	
Ano	Gasolina	Etanol	Gasolina C	Etanol Hidratado
2002	198	191	n.d	n.d
2003	194	183	210	200
2004	190	160	201	190
2005	192	160	188	180
2006	192	200	185	177
2007	192	(1)	185	177
2008	223	n.d(2)	185	187

(1) Repetidos os valores de 2006.

(2) A fabricação de carros exclusivamente dedicados a etanol foi descontinuada em 2007.

Fonte: proconve, retirado do site: http://www.Ibama.Gov.Br/areas-tematicas-qa/programa-proconve. Acesso em 20 de setembro de 2012.

É importante destacar que, dado o caráter e a proposta do presente trabalho, as informações medidas pelo Proconve são fundamentais para a construção de cenários futuros para as emissões de CO2 a partir de uma abordagem bottom-up, da mesma maneira como já havia sido realizado para os demais gases na literatura atual.

2. Políticas nacionais

A atual seção objetiva discutir brevemente algumas iniciativas e programas de caráter governamental que buscam, direta ou indiretamente, reduzir as emissões de poluentes e GEE por parte dos automóveis em circulação no país.

2.1. Regime automotivo 2013-2017

É importante destacar que o presente trabalho foi construído em um período de grande incerteza com relação ao novo regime automotivo, que na data de elaboração deste estudo ainda não havia sido publicado e cuja vigência se dará de 2013 a 2017. Essa política pode trazer novas regras e regulamentações para o setor em relação aos temas abordados nessa nota técnica e, portanto, deve ser consultada para estudos futuros.

2.2. Plano setorial de transporte e de mobilidade urbana para mitigação das mudanças climáticas (PSTM)

O Plano setorial de transporte e de mobilidade urbana para mitigação das mudanças climáticas (PSTM) é um dos planos setoriais previstos pelo Decreto nº 7390/2010 que regulamenta os arts. 6o, 11 e 12 da Lei no 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), e dá outras providências.

Ao longo da elaboração e finalização do presente estudo, o PSTM encontrava-se também em elaboração e em processo de consulta pública, versão esta discutida nesta seção. Tal análise preliminar, no que tange aos automóveis de passeio, não permitiu observar política ou regulamentação estabelecida pelo PSTM que objetive ganhos de eficiência em emissão de CO_2 ou na eficiência do consumo de combustíveis.

O plano, todavia, cita a importância de se obter ganhos de eficiência energética em automóveis de passeio no país, bem como aumentar a participação de etanol na matriz de combustí-

veis da frota nacional, embora não estabeleça mecanismos claros para que tais objetivos sejam alcançados (Brasil, 2012).

2.3. Proconve

O Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) foi criado em 1986, a partir da Resolução nº 18 do CONAMA, com o objetivo de definir limites de emissão de poluentes para tais veículos. Com o mesmo objetivo foi criado o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT), com o foco em motocicletas.

Sob a coordenação do Ibama, o programa verifica o cumprimento das exigências, de acordo com o tipo de veículo (em razão do peso), por meio de ensaios padronizados. O programa caracteriza como veículo leve de passageiros (automóveis) "o veículo automotor com massa total máxima de 3.856 kg e massa do veículo em ordem de marcha[1] de até 2.720 kg, projetado para o transporte de até 12 passageiros, ou seus derivados para o transporte de carga".

Assim, para os veículos leves, o programa entrará em sua fase L-7 a partir de 1º de janeiro de 2013, auferindo e garantindo a observância das emissões de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NOx) e aldeídos totais (CHO). Embora, não existam atualmente limites legais para as emissões de CO_2, o Proconve vem mensurando tais emissões para veículos novos desde 2002, conforme já apresentado na Tabela 79.

2.4. Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet)

O Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet) foi criado em julho de 1991 como um desdobramento do Programa Nacional de Racionalização da Produção e do Uso de Energia, instituído em 1990. O programa está vinculado ao Ministério de Minas e Energia e é executado com apoio técnico da Petrobras, além de contar com convênios de cooperação técnica e parcerias com órgãos governamentais, não governamentais, e representantes de entidades ligadas ao tema.

Os principais objetivos do Conpet são: i) racionalizar o consumo de derivados de petróleo e gás natural, ii) reduzir as emissões de gases poluentes, iii) promover a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico; e iv) prover apoio técnico com o objetivo de gerar ganhos de eficiência energética no uso de derivados de petróleo e de gás natural.

Atualmente, o programa possui algumas iniciativas, tais como: Eficiência Energética de Equipamentos, Conpet no Transporte e Conpet na Educação. Adicionalmente, o Conpet atua em parceria com o Inmetro no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) por meio da afixação voluntária ou compulsória, da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) que indica

1 Veículo em ordem de marcha é aquele plenamente abastecido de combustível e demais fluídos, com os pneus calibrados e todas as ferramentas nos devidos lugares, ou seja, em perfeitas condições para circulação, mas sem passageiros.

a eficiência energética de equipamentos que consomem combustíveis (fogões, fornos, aquecedores de água a gás e automóveis).

2.4.1. Programa brasileiro de etiquetagem veicular

No âmbito do PBE, está o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV), o qual é um programa de etiquetagem voluntário de eficiência no consumo de combustível que abrange os veículos leves com motores movidos a gasolina, etanol ou GNV (de fábrica). Deve-se ressaltar que o programa até o presente momento não contempla e não mensura a eficiência nas emissões de GEE dos veículos participantes, além de ser um programa de caráter voluntário.

Os fabricantes que optam por participar do programa realizam testes em seus veículos, declarando ao Inmetro o consumo de cada combustível. No ano de 2012, as seguintes empresas inscreveram modelos no programa: Fiat, Ford, Kia, Renault, Honda, Peugeot, Volkswagen e Toyota.

Os modelos participantes são comparados segundo sua eficiência no consumo de combustível (por quilômetro rodado) e ranqueados de "A" a "E", sendo que a letra "A" indica melhor eficiência, enquanto a "E" indica pior eficiência. Tal comparação é feita dentre os veículos participantes do programa pertencentes a uma mesma categoria[2].

Os valores de consumo e a classificação estão disponíveis publicamente nas páginas eletrônicas do Inmetro e do Conpet e nas etiquetas afixadas opcionalmente nos veículos pelas empresas participantes (Conpet, 2012).

2.5. Nota verde

Outro exemplo de iniciativa governamental é a Nota Verde, lançada em setembro de 2009 pelo Ibama, que busca informar os consumidores, por meio de um sistema online, a que distância as emissões de certo carro encontram-se com relação aos limites máximos permitidos para HC, CO e NO_x.

Similarmente foi criada uma Nota CO_2, levando em consideração o fato de que não existem limites legais para as emissões de tal GEE e, assim, utilizando-se os extremos de emissões medidos em testes e atribuindo uma nota de 5 a 10.

Os carros, e seus diferentes modelos, são assim concedidos até cinco estrelas verdes, de acordo com a soma dos critérios abaixo:

- *Por baixa emissão de poluentes convencionais (CO, NMHC e NOx):*

  Modelo atendendo entre 80% e o limite = 1 estrela

  Modelo atendendo entre 60% e 80% do limite = 2 estrelas

2 *As categorias possíveis são: sub-compacto, compacto, médio, grande, carga-derivado, comercial, fora-de-estrada, utilitário esportivo e minivan.*

Modelo atendendo abaixo dos 60% do limite = 3 estrelas

- *Nível de emissão de CO_2, calculado a partir do valor de emissão homologado, descontando-se a parcela "etanol" (17,7% para E22 e 100% para E100) e, no caso dos veículos a álcool ou flex, fazendo-se uma média entre a emissão com E22 e com E100:*

Abaixo de 80 g/km = 1 estrela

- *Combustível utilizado:*

Veículo movido a combustível renovável (flex ou dedicado), híbrido ou elétrico = 1 estrela.

É fundamental destacar que, para o cômputo da Nota CO_2, o Ibama não leva em consideração as emissões provenientes do etanol, inclusive abatendo o percentual de etanol existente na gasolina e, desta forma não é comparável aos demais dados apresentados na presente nota técnica.

3. Experiências Internacionais

A preocupação com as emissões de CO_2 advindas da utilização de veículos, inclusive os automóveis de passeio, é observada por meio de algumas experiências internacionais apresentadas a seguir.

3.1. União europeia

Em 2009, foi instituída na União Europeia (UE) uma meta de redução de emissões de gases de efeito estufa onde cada fabricante deve atingir um valor médio de 130 g CO_2/km rodado em sua frota de veículos novos até o ano de 2015. Há também uma meta para 2020 que é de 95 g CO_2/km.

Cada veículo está sujeito a um limite máximo de intensidade de emissões que varia de acordo com o seu peso. Veículos mais pesados podem emitir mais do que veículos mais leves de maneira que a meta seja atingida para a intensidade média da frota de cada fabricante de automóveis.

A meta foi planejada para ser progressivamente introduzida no período compreendido entre 2012 e 2015, no primeiro ano deste período 65% do total de carros produzidos por determinado fabricante devem estar de acordo com os limites de emissão para o seu peso. Em seguida, essa abrangência deverá ser expandida anualmente para 75% em 2013, 80% em 2014 e 100% de 2015 em diante.

Essas metas representam reduções de 18% e 40% para os anos de 2015 e 2020, respectivamente, se comparadas às médias de g CO_2/km para o ano de 2007, que correspondia a 158,7g CO_2/km.

3.1.1. Penalidades para emissões além da meta

Desde o início de 2012, se a intensidade de emissões médias (g CO_2/km) de determinado fabricante exceder seu valor máximo permitido, este deve pagar uma multa para cada carro registrado no programa. Esta multa é de €5 euros para o primeiro g CO2/km que exceder a meta (por carro), €15 para o segundo grama excedente (por carro), €25 para o terceiro e €95 para os subsequentes. A partir de 2019 a multa será de €95 já a partir do primeiro grama excedente (EC, 2009).

3.1.2. Etiquetagem de intensidade de emissões de CO2 de veículos de passeio

Todos os países membros da União Europeia são obrigados a afixar uma etiqueta que especifica a eficiência no consumo de combustível e a eficiência em termos de emissão de CO_2 do veículo. Além disso, a legislação requer que os fabricantes garantam que uma série de informações relevantes seja transmitida ao consumidor, a saber:

- *Uma etiqueta que mostra o consumo de combustível e emissões de CO_2 para ser afixado a todos os carros novos ou exposta próxima ao ponto de venda;*
- *Um cartaz ou tela a ser exibido destacando o consumo oficial de combustível e a intensidade de emissões de CO_2 de todos os modelos de carros novos expostos à venda ou para locação;*
- *Um guia sobre a economia de combustível e de emissões de CO_2 dos veículos novos, a ser produzido em conjunto com os fabricantes, pelo menos uma vez por ano. O guia deve estar disponível gratuitamente no ponto de venda e em estabelecimentos oficiais de um organismo designado em cada Estado-Membro;*
- *Todo e qualquer material promocional deve conter o consumo oficial de combustível e a intensidade de emissões de CO_2 para o modelo de automóvel de passeio a que se refere (EC, 1999; EC, 2003).*

3.2. Estados unidos

Nos Estados Unidos, foi estabelecido um programa de metas de redução da intensidade de emissões de CO_2 e consumo de combustível por milha rodada para os modelos de carros e caminhões produzidos entre os anos de 2012-2025 (EPA & NHTSA, 2010).

A meta de emissões é proporcional ao tamanho do modelo medido pela área ocupada pelo veículo, assim modelos maiores possuem metas maiores de emissão. Outro ponto é que a cada ano a meta de emissões para determinado tamanho de veículo fica mais restrita (menor intensidade de emissões) do que o ano anterior. São os fabricantes de veículos que devem garantir o cumprimento das metas para suas respectivas frotas (EPA & NHTSA, 2010b).

A Tabela 80 a seguir apresenta a projeção de emissão de gramas de CO_2 por quilometro rodado para a frota americana por tipo de veículo.

Tabela 80. Projeção de emissão média de CO2 por quilometro rodado na frota dos Estados Unidos até 2025

Ano	Carros de passeio	Caminhões leves	Carros compostos
	(gCO2/km)	(gCO2/km)	(gCO2/km)
2012	163	215	183
2013	159	209	178
2014	153	203	171
2015	147	194	163
2016	140	185	155
2017	132	183	151
2018	126	177	144
2019	119	172	138
2020	113	167	132
2021	107	155	124
2022	102	147	118
2023	98	140	112
2024	93	133	106
2025	89	126	101

Fonte: EPA & NHTSA, 2010 e EPA & NHTSA, 2012. Conversão de milhas para quilômetros dos autores.

3.2.1. Mecanismos de flexibilidade

O programa americano prevê uma série de provisões e mecanismos que visam facilitar o cumprimento da regulação por parte dos fabricantes. Um desses mecanismos é que para cada veículo que tenha uma intensidade abaixo de sua meta para determinado ano, créditos são gerados que podem ser utilizados para garantir o cumprimento da meta de outros veículos que se encontrem acima de sua meta específica.

O programa também prevê a troca de créditos entre empresas diferentes. O programa oferece créditos extras para fabricantes de veículos flex, veículos que fazem uso de tecnologias avançadas de redução de emissão (como os veículos elétricos) e modelos produzidos entre 2009-2011 que tenham emissão inferior à meta de gCO2/km esperada para esses modelos nesses anos.

3.3. Japão

No Japão, existem metas de eficiência no consumo de combustível por quilômetro rodado para veículos de passeio, movidos a gasolina ou a diesel desde 1999. Assim como no programa Europeu, a meta é proporcional ao peso do veículo.

Um fabricante não precisa cumprir a meta para cada veículo, mas deve cumprir para a eficiência de consumo média de sua frota. A meta mais recente é para o ano de 2020 onde a eficiência média projetada para a frota do país deverá ser de 20,3 km/Litro de combustível o que representa uma melhoria de 24,1% em relação à meta do ano de 2009 que era de 16,3km/litro (Japão, 2011).

4. Cenários para 2020

A construção de cenários que projetem as emissões de CO_2 provenientes da utilização de automóveis de passeio passa pelo estudo e pela estimativa de algumas variáveis fundamentais, tais como a determinação da frota circulante e a quilometragem percorrida por cada veículo da frota. Tais variáveis e seus comportamentos projetados, bem como demais premissas são apresentados abaixo. Por fim são expostos os resultados encontrados até 2020, tanto em um cenário bussines as usual quanto em cenários de baixo carbono.

4.1. Crescimento da frota nacional

Para a determinação do número de veículos circulando em um dado ano no país (a frota circulante) alguns procedimentos são comumente adotados pela literatura existente e serão similarmente aplicados nesta nota técnica.

O procedimento padrão reside na compilação das vendas de veículos novos, descontados daqueles veículos que saem de circulação, ou seja, são sucateados. É importante ressaltar que, assim como na literatura disponível, não são consideradas conversões de veículos para o GNV.

Assim, a frota estimada para 2020 é de quase 44 milhões de veículos, dos quais 36 milhões seriam flex e cerca de 7,5 milhões movidos exclusivamente a gasolina. Os números por ano e tipo de combustível são apresentados na seção 4.4. Resultados.

4.1.1. Licenciamentos

Os dados de vendas de automóveis de passeio são obtidos a partir dos licenciamentos de veículos novos, apresentados nos anuários da Anfavea, tendo sido utilizada neste trabalho a edição de 2011 (Anfavea, 2011).

Para os anos de 2012 em diante, são adotadas as premissas de crescimento das vendas

apresentadas no 1º inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores (MMA, 2011), quais sejam: 4,8% de crescimento a.a. de 2012 a 2015 e de 3,8% a.a. de 2016 a 2020.

Os dados por ano e tipo de combustível desde 1957 até 2020 são apresentados no Anexo 1 – Licenciamentos de veículos novos.

4.1.2. Sucateamento

Além de calcular os carros que entram em circulação a cada ano, é necessário também levar em consideração os veículos que saem de circulação anualmente para estabelecer a frota efetivamente circulando em dado período.

Para o cômputo de tal estatística é utilizada uma equação de sucateamento (Equação 2), assim como no 1º inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores (MMA, 2011) e no Relatório de Referência de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor Energético por Fontes Móveis do Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCT, 2006).

Equação 2. Curvas de sucateamento

$$S(t) = 1 - \exp(-\exp(1{,}798 - 0{,}137 \times (t)))$$

Em que:

S(t) = a fração de veículos com t anos de uso ainda em circulação.

t = a idade do veículo em anos.

As frações de automóveis ainda em circulação e, consequentemente, daqueles que saíram de circulação, de acordo com os anos de uso são apresentadas no Anexo 2 – Proporção de veículos sucateados.

4.2. Intensidade de uso

Uma vez estimada a frota circulante, é necessário estimar o nível de utilização que tal frota terá. O indicador de intensidade de uso escolhido é o número de quilômetros percorridos por ano, levando em consideração que carros de diferentes idades são utilizados em diferentes proporções.

No presente trabalho, os valores de referência para a intensidade de uso dos veículos utilizados foram obtidos a partir do 1º inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores (MMA, 2011) e estão retratados no Anexo 3 – Intensidade de uso.

4.3. Fatores de emissão

Por fim, dentre as variáveis a serem consideradas para a construção dos cenários futuros, é preciso observar os fatores de emissão de CO_2 por tipo de combustível e ano do veículo.

Até o presente momento, a literatura lidou com as emissões de CO_2 por meio de uma abordagem top-down, com os fatores de emissão sendo aplicados sobre o consumo total de combustível pelo segmento de transportes rodoviários, a partir de dados do BEN.

Todavia, devido aos objetivos desta nota técnica, os cálculos de emissão serão realizados bottom-up, com os fatores de emissão configurando-se em gramas de CO_2 por quilômetro rodado. Tais fatores de emissão foram obtidos do Proconve e já foram apresentados na Tabela 79. Eventuais deteriorações destes FE ao longo do tempo não foram contempladas, assim como na literatura existente.

Já para os anos em que não estão disponíveis os dados do Proconve, ou seja, para modelos até 2002 e de 2009 a 2012, duas abordagens serão utilizadas e apresentadas para cada cenário construído: i) adotando como FE a média dos FE de 2005 a 2009 para todos os anos; e ii) adotando o último valor disponível (2008) para todos os anos. Para o cenário BAU, o mesmo procedimento se aplica também para os anos de 2013 a 2020.

É importante destacar que a proporção de carros flex utilizando gasolina, e consequentemente a proporção utilizando etanol, foi mantida como constante para todo o período, a partir dos dados de 2009, conforme calculado no 1º inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores (MMA, 2011). Assim, os valores adotados são: 47% da frota flex utilizando gasolina e 53% utilizando etanol.

4.4. Resultados

De acordo com as premissas descritas acima, é possível construir os cenários BAU e baixo carbono. Para ambos os cenários a frota circulante de veículos é apresentada por ano e tipo de combustível na Tabela 81.

Tabela 81. Frota circulante de veículos (2005-2020)

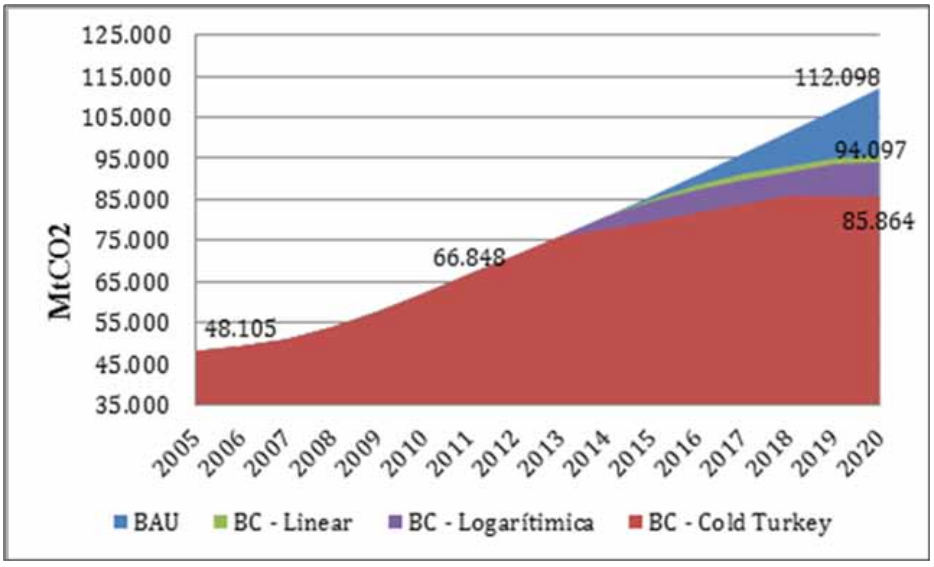
Ano	Gasolina	Etanol	Flex	Total
2005	14.845.015	2.040.147	1.042.657	17.927.819
2006	14.492.867	1.861.606	2.329.582	18.684.055
2007	14.025.561	1.692.239	4.104.220	19.822.020
2008	13.462.431	1.533.926	6.143.193	21.139.550
2009	12.852.919	1.386.737	8.459.244	22.698.900
2010	12.237.298	1.250.515	10.898.645	24.386.459
2011	11.671.702	1.124.970	13.235.283	26.031.955
2012	11.106.972	1.009.697	15.638.932	27.755.601
2013	10.551.999	904.224	18.102.058	29.558.280

Ano	Gasolina	Etanol	Flex	Total
2014	10.015.219	808.038	20.617.062	31.440.319
2015	9.504.221	720.605	23.176.935	33.401.761
2016	9.023.160	641.376	25.746.369	35.410.905
2017	8.577.074	569.802	28.318.650	37.465.526
2018	8.169.722	505.336	30.888.822	39.563.880
2019	7.803.548	447.438	33.453.810	41.704.796
2020	7.479.821	395.582	36.012.409	43.887.812

Para os cenários de baixo carbono, os fatores de emissão para cada ano são calculados de três formas diferentes, a partir de metas para os anos de 2017 e de 2020: i) "Cold turkey", em que as metas são aplicadas imediatamente para os veículos novos; ii) "Linear", em que os FE evoluem linearmente até o atingimento da meta no ano determinado; iii) "Log (Ln)", em que os FE evoluem de acordo com uma função logarítmica até o atingimento da meta no ano determinado. Os FE para cada ano, por tipo de combustível, e as equações são apresentadas no Anexo 4 – Fatores de emissão para os cenários de baixo carbono.

Os resultados consolidados, com a evolução total das emissões anualmente, de acordo com os cenários BAU e BC podem ser vistos na Figura 42 (com o FE médio 2005-2008 aplicado para anos em que não há dados do Proconve).

Figura 42. Emissões de CO_2 provenientes da queima de combustíveis por automóveis de passeio ($MtCO_2$)



4.4.1. Cenário business as usual

As emissões de CO_2 em um cenário BAU podem atingir cerca de 115Mt em 2020 em um cenário em que novos veículos apresentam os mesmos FE dos modelos de 2008. Caso automóveis novos possuam FE na média dos observados para os anos de 2005 a 2008, as emissões devem ficar na casa das 112 Mt no ano de 2020.

As estimativas para cada ano, por tipo de combustível, e de acordo com as diferentes abordagens para estipular os FE são apresentadas na Tabela 82 e na Tabela 83.

As diferenças nas emissões apresentadas nesta seção para aquelas estimadas nos documentos incluídos na bibliografia se devem majoritariamente às diferentes metodologias adotadas, notadamente devido ao fato de o presente trabalho utilizar uma abordagem *bottom-up*.

Tabela 82. Emissões de CO_2 em um cenário BAU, com FE de 2008 ($MtCO_2$)

			Flex		
Ano	Gasolina	Etanol	Gasolina C	Etanol Hidratado	Total
2005	48.084	4.124	531	605	53.344
2006	46.844	3.665	1.754	1.924	54.187
2007	44.220	3.170	3.860	4.195	55.445
2008	41.298	2.722	6.714	7.273	58.008
2009	38.253	2.324	9.913	10.934	61.425
2010	35.200	1.973	13.463	14.997	65.632
2011	32.312	1.666	17.092	19.151	70.221
2012	29.825	1.398	20.416	22.958	74.598
2013	27.508	1.166	23.732	26.757	79.163
2014	25.381	970	27.030	30.538	83.919
2015	23.461	804	30.306	34.294	88.865
2016	21.758	667	33.555	38.020	94.001
2017	20.268	554	36.730	41.661	99.212
2018	18.988	460	39.830	45.216	104.495
2019	17.913	384	42.861	48.692	109.850
2020	17.036	321	45.828	52.094	115.279

Tabela 83. Emissões de CO_2 em um cenário BAU, com FE médio 2005-2008 ($MtCO_2$)

			Flex		
Ano	Gasolina	Etanol	Gasolina C	Etanol Hidratado	Total
2005	43.070	3.918	533	583	48.105
2006	42.196	3.486	1.756	1.903	49.341
2007	39.938	3.016	3.862	4.175	50.991
2008	37.380	2.591	6.716	7.254	53.940
2009	34.694	2.213	9.915	10.916	57.737
2010	31.939	1.879	13.481	14.817	62.115
2011	29.331	1.586	17.126	18.804	66.848
2012	27.080	1.332	20.466	22.456	71.334
2013	24.981	1.111	23.797	26.099	75.987
2014	23.050	924	27.111	29.723	80.808
2015	21.304	767	30.402	33.321	85.794
2016	19.752	636	33.667	36.891	90.946
2017	18.391	529	36.856	40.378	96.154
2018	17.219	439	39.972	43.783	101.413
2019	16.232	367	43.017	47.112	106.727
2020	15.423	307	45.998	50.370	112.098

4.4.2. Cenários de baixo carbono

Para a construção dos cenários de baixo carbono foram consideradas como metas os valores previstos pela iniciativa da União Europeia: i) para 2017, 130 gCO_2/km rodado (meta da UE para 2015); e ii) para 2020, 95gCO_2/km rodado (idem UE).

Desta maneira, foram projetadas as emissões ano a ano, conforme as abordagens "Cold Turkey", "Linear" e "Log(Ln)".

4.4.2.1. Cold Turkey

A Tabela 84 e a Tabela 85 apresentam os resultados para a evolução das emissões de CO_2 em um cenário de baixo carbono, por meio de uma abordagem "Cold Turkey".

Tabela 84. Emissões de CO_2 em um cenário BC, abordagem "Cold Turkey", com FE de 2008 (MtCO2)

			Flex		
Ano	Gasolina	Etanol	Gasolina C	Etanol Hidratado	Total
2005	48.084	4.124	531	605	53.344
2006	46.844	3.665	1.754	1.924	54.187
2007	44.220	3.170	3.860	4.195	55.445
2008	41.298	2.722	6.714	7.273	58.008
2009	38.253	2.324	9.913	10.934	61.425
2010	35.200	1.973	13.463	14.997	65.632
2011	32.312	1.666	17.092	19.151	70.221
2012	29.825	1.398	20.416	22.958	74.598
2013	27.508	1.166	23.732	26.757	79.163
2014	24.988	970	25.689	28.971	80.618
2015	22.670	804	27.607	31.139	82.221
2016	20.566	667	29.485	33.263	83.981
2017	18.675	554	31.293	35.307	85.829
2018	16.998	460	33.037	37.277	87.772
2019	15.349	384	33.678	38.002	87.413
2020	13.902	321	34.273	38.676	87.172

Tabela 85. Emissões de CO_2 em um cenário BC, abordagem "Cold Turkey", com FE médio 2005-2008 ($MtCO_2$)

			Flex		
Ano	Gasolina	Etanol	Gasolina C	Etanol Hidratado	Total
2005	43.070	3.918	533	583	48.105
2006	42.196	3.486	1.756	1.903	49.341
2007	39.938	3.016	3.862	4.175	50.991
2008	37.380	2.591	6.716	7.254	53.940
2009	34.694	2.213	9.915	10.916	57.737
2010	31.939	1.879	13.481	14.817	62.115
2011	29.331	1.586	17.126	18.804	66.848
2012	27.080	1.332	20.466	22.456	71.334
2013	24.981	1.111	23.797	26.099	75.987
2014	22.755	924	25.751	28.341	77.772
2015	20.711	767	27.666	30.541	79.684
2016	18.858	636	29.541	32.698	81.732
2017	17.196	529	31.345	34.777	83.847
2018	15.727	439	33.085	36.784	86.036
2019	14.263	367	33.722	37.548	85.900
2020	12.982	307	34.314	38.261	85.864

4.4.2.2. Linear

A Tabela 86 e a Tabela 87 apresentam os resultados para a evolução das emissões de CO_2 em um cenário de baixo carbono, por meio de uma abordagem "Linear".

Tabela 86. Emissões de CO_2 em um cenário BC, abordagem "Linear", com FE de 2008 ($MtCO_2$)

			Flex		
Ano	Gasolina	Etanol	Gasolina C	Etanol Hidratado	Total
2005	48.084	4.124	531	605	53.344
2006	46.844	3.665	1.754	1.924	54.187
2007	44.220	3.170	3.860	4.195	55.445
2008	41.298	2.722	6.714	7.273	58.008
2009	38.253	2.324	9.913	10.934	61.425
2010	35.200	1.973	13.463	14.997	65.632
2011	32.312	1.666	17.092	19.151	70.221
2012	29.825	1.398	20.416	22.958	74.598
2013	27.508	1.166	23.732	26.757	79.163
2014	25.381	970	27.030	30.538	83.919
2015	23.358	804	29.954	33.883	88.000
2016	21.443	667	32.480	36.763	91.353
2017	19.629	554	34.548	39.110	93.840
2018	17.908	460	36.145	40.909	95.422
2019	16.394	384	37.675	42.631	97.085
2020	14.985	321	38.606	43.676	97.589

Tabela 87. Emissões de CO_2 em um cenário BC, abordagem "Linear", com FE médio 2005- 2008 ($MtCO_2$)

			Flex		
Ano	Gasolina	Etanol	Gasolina C	Etanol Hidratado	Total
2005	43.070	3.918	533	583	48.105
2006	42.196	3.486	1.756	1.903	49.341
2007	39.938	3.016	3.862	4.175	50.991
2008	37.380	2.591	6.716	7.254	53.940
2009	34.694	2.213	9.915	10.916	57.737
2010	31.939	1.879	13.481	14.817	62.115
2011	29.331	1.586	17.126	18.804	66.848
2012	27.080	1.332	20.466	22.456	71.334
2013	24.981	1.111	23.797	26.099	75.987
2014	23.050	924	27.111	29.723	80.808
2015	21.226	767	30.045	32.959	84.998
2016	19.516	636	32.577	35.783	88.512
2017	17.911	529	34.644	38.130	91.214
2018	16.409	439	36.236	39.986	93.070
2019	15.093	367	37.760	41.769	94.988
2020	13.862	307	38.685	42.877	95.730

4.4.2.3. Log (Ln)

A Tabela 88 e a Tabela 89 apresentam os resultados para a evolução das emissões de CO_2 em um cenário de baixo carbono, por meio de uma abordagem "Log (Ln)".

Tabela 88. Emissões de CO_2 em um cenário BC, abordagem "Log (Ln)", com FE de 2008 ($MtCO_2$)

			Flex		
Ano	Gasolina	Etanol	Gasolina C	Etanol Hidratado	Total
2005	48.084	4.124	531	605	53.344
2006	46.844	3.665	1.754	1.924	54.187
2007	44.220	3.170	3.860	4.195	55.445
2008	41.298	2.722	6.714	7.273	58.008
2009	38.253	2.324	9.913	10.934	61.425
2010	35.200	1.973	13.463	14.997	65.632
2011	32.312	1.666	17.092	19.151	70.221
2012	29.825	1.398	20.416	22.958	74.598
2013	27.508	1.166	23.732	26.757	79.163
2014	25.381	970	27.030	30.538	83.919
2015	23.284	804	29.700	33.586	87.375
2016	21.293	667	31.966	36.163	90.088
2017	19.434	554	33.883	38.333	92.204
2018	17.722	460	35.507	40.164	93.852
2019	16.216	384	37.067	41.920	95.587
2020	14.792	321	37.887	42.841	95.841

Tabela 89. Emissões de CO_2 em um cenário BC, abordagem "Log (Ln)", com FE médio 2005- 2008 ($MtCO_2$)

			Flex		
Ano	Gasolina	Etanol	Gasolina C	Etanol Hidratado	Total
2005	43.070	3.918	533	583	48.105
2006	42.196	3.486	1.756	1.903	49.341
2007	39.938	3.016	3.862	4.175	50.991
2008	37.380	2.591	6.716	7.254	53.940
2009	34.694	2.213	9.915	10.916	57.737
2010	31.939	1.879	13.481	14.817	62.115
2011	29.331	1.586	17.126	18.804	66.848
2012	27.080	1.332	20.466	22.456	71.334
2013	24.981	1.111	23.797	26.099	75.987
2014	23.050	924	27.111	29.723	80.808
2015	21.171	767	29.788	32.698	84.423
2016	19.403	636	32.056	35.254	87.348
2017	17.765	529	33.970	37.445	89.709
2018	16.269	439	35.589	39.329	91.627
2019	14.959	367	37.143	41.142	93.611
2020	13.710	307	37.958	42.122	94.097

5. Recomendações

Os resultados desta nota técnica indicam que a redução gradual da intensidade de emissões de CO_2 oriundas dos escapamentos de carros em modelos novos pode fazer com que as emissões totais dos automóveis de passeio caiam em até 19,13% em 2020 (comparação entre os resultados da Tabela 89 com os da Tabela 83).

Logo, recomenda-se a adoção de um programa que estabeleça metas para as emissões de CO_2/km rodado, como nos moldes da iniciativa atualmente em vigor na UE. A meta deve variar segundo o porte do veículo onde veículos mais pesados possuam limites de CO_2/km rodado maiores.

Tal programa deve contemplar reduções anuais dos limites estabelecidos, visando o incentivo a melhorias progressivas na eficiência da frota nacional. Também se faz necessário o estabelecimento de uma robusta estrutura de fiscalização e penalização para o não cumprimento dessas metas. De maneira a reduzir o impacto das metas na economia nacional, é recomendável a introdução de mecanismos de flexibilização que reduzam o ônus no cumprimento das metas por parte das empresas reguladas, assim como ocorre nos programas japonês, americano e europeu.

Neste sentido, é interessante que a observância de regulações internacionais mais rígidas, tem o potencial de garantir o acesso dos produtos nacionais a mercados mais exigentes em termos socioambientais (Nidumolu, Prahalad e Rangaswami; 2009). Tal visão já é praticada, por exemplo, pela China que busca garantir que seus carros possam ser comercializados nos mercados europeu e japonês.

Também é possível contemplar a criação de programas de renovação da frota circulante, nos moldes do norte americano Car Allowance Rebate System (CARS), instituído pelo presidente Barack Obama em Junho de 2009 e que ficou em operação de 1º de Julho a 24 de Agosto daquele ano. O CARS, um programa para auxiliar a indústria automobilística daquele país, foi

responsável pela substituição de cerca de 700 mil veículos por modelos mais novos e, em média, 58% mais eficientes (DOT, 2009).

Outra recomendação é que o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV) deve passar a exigir a mensuração e relato da intensidade de emissões de gCO_2/km. Para a eficácia do PBEV ser comparável a outros programas de etiquetagem internacionais é preciso tornar a afixação das etiquetas obrigatória para todos os modelos vendidos no país. Também é interessante a criação de incentivos para as empresas fabricantes de veículos mais eficientes dentro de sua categoria.

É importante destacar ainda que, embora o foco do presente trabalho seja os ganhos de eficiência, outras alternativas podem e devem ser consideradas para reduzir as emissões provenientes do transporte rodoviário de pessoas, tais como o incentivo ao transporte público de massa e a promoção de campanhas de incentivo à carona e ao uso de bicicletas, por exemplo.

Por fim, recomenda-se que além do estabelecimento de metas ambiciosas, ainda que factíveis, incentivos adicionais sejam oferecidos para que as empresas fabricantes de veículos instaladas no Brasil busquem ganhos ainda maiores por meio da inovação e do investimento em pesquisa e desenvolvimento direcionados à redução ainda mais intensa das emissões relacionadas ao transporte rodoviário.

6. Bibliografia

Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos [Anfavea]. Anuário Estatístico: Edição 2011. São Paulo, 2011.

Balanço Energético Nacional 2010 [BEN 2010]. Ministério de Minas Energia – Empresa de Planejamento Energético. Brasília: MME/EPE, 2011. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/

Brasil [2012]. Ministério dos Transportes (MT) & Ministério das Cidades (MC). PLANO SETORIAL DE TRANSPORTE E DE MOBILIDADE URBANA PARA MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS – PSTM. Versão para consulta pública.

Brasil [1990]. Decreto Nº 99.250, DE 11 DE MAIO DE 1990 - Institui o Programa Nacional de Racionalização da Produção e do Uso de Energia e dá outras providências.

European Commission [EC]. 2009. Regulation (EC) No 443/2009 of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 setting emission performance standards for new passenger cars as part of the Community's integrated approach to reduce CO 2 emissions from light-duty vehicles (Text with EEA relevance).

European Commission [EC]. 2003. Commission Directive 2003/73/EC amending Annex III to Directive 1999/94/EC (24 July 2003).

European Commission [EC]. 1999. DIRECTIVE 1999/94/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL relating to the availability of consumer information on fuel economy and CO2 emissions in respect of the marketing of new passenger cars (13 December 1999).

Japão [2011]. Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) & the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT). Final report on new passenger vehicle fuel efficiency standards (Top Runner Standards).

Ministério da Ciência e Tecnologia [MCT]. Segundo inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa - Relatórios de referência: Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor Energético: Transporte Rodoviário. Brasília, 2010.

Ministério de Minas e Energias [MME]. 2011. PORTARIA N° 594, DE 18 DE OUTUBRO DE 2011. Aprova o "Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) - Premissas e Diretrizes Básicas".

Nidumolu, R. Prahalad, C. K. e Rangaswami, M.R. [2009]. Why Sustainability is Now the Key Driver of Innovation. The Harvard Business Review, September, 2009.

Nota Verde. http://servicos.ibama.gov.br/ctf/publico/sel_marca_modelo_rvep.php. Acesso em 14 de Setembro de 2012.

Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores [Proconve]. http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas-qa/programa-proconve. Acesso em 20 de Setembro de 2012.

Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural [CONPET]. Site oficial do Programa. Disponível em: http://www.conpet.gov.br/. Acesso em 20 de Setembro de 2012.

United States Department of Trasnportation [DOT]. Press release from Wednesday, August 26, 2009. http://www.dot.gov/affairs/2009/dot13309.htm. Acesso em 20 de Setembro de 2012.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) & Department of Transportation's National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) [EPA & NHTSA]. 2012. Regulatory Announcment: EPA and NHTSA Set Standards to Reduce Greenhouse Gases and Improve Fuel Economy for Model Years 2017-2025 Cars and Light Trucks.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) & Department of Transportation's National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) [EPA & NHTSA]. 2010b. Federal Register: 40 CFR Parts 85, 86, and 600; 49 CFR Parts 531, 533, 536, et al. Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards; Final Rule.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) & Department of Transportation's National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) [EPA & NHTSA]. 2010. Regulatory Announcment: EPA and NHTSA Finalize Historic National Program to Reduce Greenhouse Gases and Improve Fuel Economy for Cars and Trucks.

7. Anexos

Anexo 1 – Licenciamentos de veículos novos

	Automóveis			
Ano	Gasolina	Etanol	Flex	Diesel
1957	1.172	-	-	-
1958	3.682	-	-	-
1959	14.371	-	-	-
1960	40.980	-	-	-
1961	60.132	-	-	-
1962	83.541	-	-	-
1963	94.619	-	-	-
1964	103.427	-	-	-
1965	114.882	-	-	-
1966	127.865	-	-	-
1967	139.211	-	-	-
1968	164.341	-	-	-
1969	241.542	-	-	-
1970	308.024	-	-	-
1971	395.266	-	-	-
1972	457.124	-	-	-
1973	557.692	-	-	-
1974	639.668	-	-	-
1975	661.332	-	-	-
1976	695.207	-	-	-
1977	678.824	-	-	-
1978	797.942	-	-	-
1979	826.462	2.271	-	-
1980	566.676	226.352	-	-

	Automóveis			
Ano	Gasolina	Etanol	Flex	Diesel
1981	318.929	128.679	-	-
1982	344.468	211.761	-	-
1983	70.098	538.401	-	-
1984	28.670	503.565	-	-
1985	23.892	578.177	-	-
1986	53.094	619.290	-	-
1987	23.084	387.176	-	-
1988	64.734	492.010	-	-
1989	220.984	345.598	-	-
1990	462.585	70.250	-	71
1991	468.462	129.139	-	291
1992	431.635	164.840	-	489
1993	675.403	227.289	-	1.136
1994	1.007.462	119.203	-	1.008

	Automóveis			
Ano	Gasolina	Etanol	Flex	Diesel
1995	1.374.265	32.808	-	-
1996	1.399.212	6.333	-	-
1997	1.568.803	924	-	-
1998	1.210.904	981	-	-
1999	1.001.996	9.851	-	-
2000	1.167.164	9.610	-	-
2001	1.280.117	14.979	-	-
2002	1.181.780	47.366	-	-
2003	1.046.474	33.034	39.095	-
2004	967.235	49.801	278.764	-
2005	609.903	30.904	728.375	-
2006	260.824	1.650	1.293.746	-
2007	186.554	88	1.788.876	-
2008	127.896	68	2.065.313	-
2009	113.283	58	2.361.423	-
2010	132.116	44	2.512.546	-
2011	199.300	43	2.447.902	-
2012	208.866	45	2.565.401	-
2013	218.892	47	2.688.541	-
2014	229.399	49	2.817.591	-
2015	240.410	52	2.952.835	-
2016	249.546	54	3.065.043	-
2017	259.028	56	3.181.514	-
2018	268.871	58	3.302.412	-
2019	279.088	60	3.427.903	-
2020	289.694	63	3.558.164	-

Obs.: os licenciamentos de veículos a diesel foram incluídos nesta tabela, para o breve período em que ocorreram, mas excluídos do cálculo geral devido à sua pequena relevância e ao fato de atualmente não ser permitida a produção e comercialização de veículos leves movidos com este combustível no Brasil [1].

Anexo 2 – Proporção de veículos sucateados

Equação para construção das curvas de sucateamento: $S(t) = 1 - \exp(-\exp(1{,}798 - 0{,}137 \times (t)))$

Anos de Uso	Fração S(t)	Sucateado (%)
0	99,76%	0,24%
1	99,48%	0,52%
2	98,99%	1,01%
3	98,17%	1,83%
4	96,95%	3,05%
5	95,23%	4,77%
6	92,96%	7,04%
7	90,11%	9,89%
8	86,71%	13,29%
9	82,79%	17,21%
10	78,44%	21,56%
11	73,76%	26,24%
12	68,85%	31,15%
13	63,84%	36,16%
14	58,81%	41,19%
15	53,85%	46,15%
16	49,05%	50,95%
17	44,46%	55,54%
18	40,11%	59,89%
19	36,05%	63,95%
20	32,28%	67,72%
21	28,82%	71,18%
22	25,65%	74,35%
23	22,78%	77,22%
24	20,18%	79,82%
25	17,84%	82,16%
26	15,75%	84,25%
27	13,88%	86,12%
28	12,22%	87,78%
29	10,74%	89,26%
30	9,43%	90,57%

1 Portaria nº 346, de 19 de novembro de 1976, do (então) Ministério da Indústria e Comércio, e posteriormente, substituída pela Portaria nº 23, de 6 de junho de 1994 do extinto Departamento Nacional de Combustíveis.

Anos de Uso	Fração S(t)	Sucateado (%)
31	8,28%	91,72%
32	7,26%	92,74%
33	6,36%	93,64%
34	5,57%	94,43%
35	4,87%	95,13%
36	4,26%	95,74%
37	3,73%	96,27%
38	3,26%	96,74%
39	2,85%	97,15%
40	2,49%	97,51%
41	2,17%	97,83%
42	1,90%	98,10%
Anos de Uso	Fração S(t)	Sucateado (%)
43	1,66%	98,34%
44	1,44%	98,56%
45	1,26%	98,74%
46	1,10%	98,90%
47	0,96%	99,04%
48	0,84%	99,16%
49	0,73%	99,27%
50	0,64%	99,36%
51	0,56%	99,44%
52	0,49%	99,51%
53	0,42%	99,58%
54	0,37%	99,63%

Anexo 3 – Intensidade de uso

Anos de uso	km rodados / ano
0	10.000
1	19.400
2	18.800
3	18.200
4	17.600
5	17.000
6	16.400
7	15.800
8	15.200
9	14.600
10	14.000
11	13.400
12	12.800
13	12.200
14	11.600

15	11.000
16	10.400
17	9.800
18	9.200
19	8.600
20	8.000
21	7.400
22	6.800
23	6.200
24	5.600
25	5.000
26	4.400
27	3.800
28	3.200
29	2.600
30	2.000
31	2.000
32	2.000
33	2.000
34	2.000
35	2.000
36	2.000
37	2.000
38	2.000
39	2.000
40	2.000

Anexo 4 – Fatores de emissão para os cenários de baixo carbono

Meta para 2017: 130 g CO_2/km. Meta para 2020: 95 g CO_2/km.

Obs.1: Fatores de emissão para os anos de 2009 a 2012 seguem duas possibilidades: i) repete-se o FE de 2008 para todo o período, e ii) aplica-se o FE médio dos anos de 2005 a 2008 para todo o período.

Obs.2: veículos dedicados exclusivamente a álcool foram descontinuados em 2007.

"Cold Turkey, com FE de 2008."

			Flex	
Ano	Gasolina	Etanol*	Gasolina C	Etanol Hidratado
2005	192	160	188	180
2006	192	200	185	177
2007	192	200	185	177
2008	223	200	185	187
2009	223	200	185	187
2010	223	200	185	187
2011	223	200	185	187
2012	223	200	185	187
2013	130	200	130	130
2014	130	200	130	130
2015	130	200	130	130
2016	130	200	130	130
2017	130	200	130	130
2018	95	200	95	95
2019	95	200	95	95
2020	95	200	95	95

"Cold Turkey, com FE médio 2005-2008."

			Flex	
Ano	Gasolina	Etanol*	Gasolina C	Etanol Hidratado
2005	192	160	188	180
2006	192	200	185	177
2007	192	200	185	177
2008	223	200	185	187
2009	200	190	186	180
2010	200	190	186	180
2011	200	190	186	180
2012	200	190	186	180
2013	130	190	130	130
2014	130	190	130	130
2015	130	190	130	130
2016	130	190	130	130
2017	130	190	130	130
2018	95	190	95	95
2019	95	190	95	95
2020	95	190	95	95

“Linear, com FE de 2008.”

			Flex	
Ano	Gasolina	Etanol*	Gasolina C	Etanol Hidratado
2005	192	160	188	180
2006	192	200	185	177
2007	192	200	185	177
2008	223	200	185	187
2009	223	200	185	187
2010	223	200	185	187
2011	223	200	185	187
2012	223	200	185	187
2013	223	200	185	187
2014	200	200	171	173
2015	177	200	158	159
2016	153	200	144	144
2017	130	200	130	130
2018	130	200	130	130
2019	113	200	113	113
2020	95	200	95	95

“Linear, com FE de 2008.”

			Flex	
Ano	Gasolina	Etanol*	Gasolina C	Etanol Hidratado
2005	192	160	188	180
2006	192	200	185	177
2007	192	200	185	177
2008	223	200	185	187
2009	200	190	186	180
2010	200	190	186	180
2011	200	190	186	180
2012	200	190	186	180
2013	200	190	186	180
2014	182	190	172	168
2015	165	190	158	155
2016	147	190	144	143
2017	130	190	130	130
2018	130	190	130	130
2019	113	190	113	113
2020	95	190	95	95

"Log (Ln), com FE de 2008."

			Flex	
Ano	Gasolina	Etanol*	Gasolina C	Etanol Hidratado
2005	192	160	188	180
2006	192	200	185	177
2007	192	200	185	177
2008	223	200	185	187
2009	223	200	185	187
2010	223	200	185	187
2011	223	200	185	187
2012	223	200	185	187
2013	223	200	185	187
2014	183	200	161	162
2015	160	200	147	148
2016	143	200	138	138
2017	130	200	130	130
2018	130	200	130	130
2019	108	200	108	108
2020	95	200	95	95

"Log (Ln), com FE médio 2005- 2008."

			Flex	
Ano	Gasolina	Etanol*	Gasolina C	Etanol Hidratado
2005	192	160	188	180
2006	192	200	185	177
2007	192	200	185	177
2008	223	200	185	187
2009	200	190	186	180
2010	200	190	186	180
2011	200	190	186	180
2012	200	190	186	180
2013	200	190	186	180
2014	170	190	162	159
2015	152	190	148	146
2016	140	190	138	137
2017	130	190	130	130
2018	130	190	130	130
2019	108	190	108	108
2020	95	190	95	95

Ministério do
Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior